

ACQUISITION AND CLASSIFICATION OF MOTION

Petra Tichá

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xticha02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Oto Janoušek

E-mail: janouseko@feec.vutbr.cz

Abstract: This article deals with the acquisition and classification of human movement using accelerometer and gyroscope data. First part of the work summarizes the design and implementation of the acquisition system and its placement on the body of the measured person. Second part describes classification of accelerometer and gyroscope data (recorded using the acquisition system) on the three basic types of movement – sitting, walking and running. Classification algorithm is realized in Matlab workspace.

Keywords: Acquisition and classification of movement, accelerometer, gyroscope, Arduino, Matlab

1. ÚVOD

Analýza pohybu lidského těla a jeho jednotlivých částí má velký význam ve sportovní a rehabilitační medicíně, kde slouží jako prostředek k odhalení onemocnění a patologických stavů. Ve sportu je významným prostředkem k ověření realizace či správnosti provedení určitého druhu pohybu nebo cviku. Systémy pro hodnocení pohybu lidského těla jsou technologicky zvládnuté, ale jejich využití je limitováno absencí spolehlivé a robustní metody klasifikace pohybu.

Cílem je klasifikace tří základních pohybů – sedu (stoje), chůze a běhu. Půjde tedy o rozlišení, kdy byla měřená osoba v klidu a kdy v pohybu. Pohyb bude dále rozdělen na chůzi a běh.

2. NÁVRH A REALIZACE AKVIZIČNÍHO SYSTÉMU

K akvizici dat byly zvoleny dvě metody sloužící k analýze pohybu. Prvním z nich je akcelerometrie, která měří lineární zrychlení a převádí jeho hodnotu na elektrické napětí. Rozlišujeme dva druhy zrychlení. Změnou rychlosti pohybu (senzoru či objektu s připevněným přístrojem) nebo vibrací akcelerometru vzniká zrychlení dynamické. Měřením tohoto zrychlení lze analyzovat směr, kterým se objekt pohybuje. Druhé, statické zrychlení, je důsledkem tíhového působení země. Základní jednotkou, ve které měření pomocí akcelerometru probíhá, je vzdálenost vydělená druhou mocninou času. Nejčastěji m/s^2 . Další způsob vyjádření je s použitím tíhového zrychlení na povrchu Země $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Hodnota 1 g tedy odpovídá rychlosti $9,81 \text{ m/s}^2$. Druhou metodou, která je využita k analýze pohybu, je měření úhlové rychlosti pomocí gyroskopu. Jednotkou je stupeň za sekundu ($^\circ/\text{s}$).

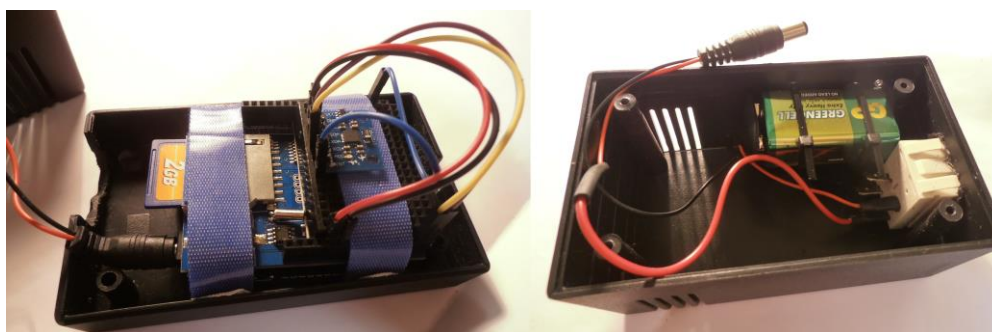
K návrhu a realizaci akvizičního systému bylo zvoleno Arduino Uno. Hlavní komponentou této vývojové desky je mikroprocesor ATmega328 firmy Atmel. Komunikaci mezi čipem a počítačem zajišťuje USB sériový převodník. Dále je na desce k dispozici 14 pinů, které mohou být použity jako vstupy nebo výstupy. Jejich pracovní napětí je 5 V. Každý pin může poskytnout nebo přijímat proud o velikosti 20 mA (horní limit na každém pinu je 40 mA, aby se zabránilo trvalému poškození mikrokontroleru).

K záznamu zrychlení a natočení měření osoby byl využit MEMS akcelerometr a MEMS gyroskop, oba umístěné na jednom čipu IvenSence MPU-6050. Akcelerometr je velmi přesný, protože posky-

tuje 16 bitový analogově-digitální konverzní převodník pro každý kanál. Simultánně zaznamenává kanály X, Y i Z. Plný rozsah stupnice je programovatelný uživatelem (pro gyroskop: ± 250 , ± 500 , ± 1000 a ± 2000 $^{\circ}/s$, pro akcelerometr: ± 2 g, ± 4 g, ± 8 g nebo ± 16 g).

Obvodové řešení bylo sestaveno na Data Logger Shield (Deek Robot Data Logging Shield V1.0), který umožňuje k deskám Arduino přidat datové úložiště ve formě SD karty s gigabyty úložného prostoru. Výhodou je snadné zapojení s deskou Arduino – stačí jej na ni jen nasadit.

Kvůli manipulaci byl hardware umístěn do krabičky. Pro snazší manipulaci bylo zvoleno připevnění Arduina se shieldem pomocí suchých zipů, které zároveň slouží jako podložení Arduino desky. Díky tomu je zabráněno poškození kontaktů na její spodní straně. Vytvořen byl také otvor pro připojení desky k PC bez nutnosti vyjímání desky z krabičky. Do vrchního dílu krabičky byla stahovacími pásky upevněna baterie pro externí napájení a umístěno tlačítko, které slouží k zapínání a vypínání zařízení (viz **Obrázek 1**).



Obrázek 1: Spodní a vrchní díl krabičky hardwaru

Protože hodnoty (naměřené akvizičním systémem v klidovém stavu) neodpovídaly teoretickým hodnotám (osy byly posunuty), musela být provedena kalibrace senzoru. K tomuto účelu byl využit program nainstalovaný spolu s knihovnou MPU6050. Program pro akvizici dat byl vytvořen v programovém prostředí Arduino IDE. Obsahuje bloky, které slouží k připojení potřebných knihoven (nutných ke komunikaci mezi zařízeními a funkčnosti senzoru), definici proměnných, do kterých se budou ukládat hodnoty ze senzoru, nastavení sériové komunikace a inicializaci připojených komponentů (SD karty a senzoru). V dalších blocích dochází ke čtení dat ze senzorů a jejich zápisu do vytvořeného textového souboru společně s časovou značkou.

2.1. TESTOVÁNÍ AKVIZIČNÍHO SYSTÉMU

Kvůli předpokládané velikosti zařízení, druhům měřených pohybů a měření lidského těla jako celku bylo zvoleno umístění krabičky s akvizičním zařízením na zádech v oblasti odpovídající obratlům Th9-Th10. Fixaci krabičky zajišťují popruhy, které jsou navrženy takovým způsobem, aby se zabránilo pohybu přístroje vůči měřené osobě.

K ověření funkčnosti akvizičního zařízení bylo provedeno testování a vizuální porovnání s daty naměřenými chytrým telefonem pomocí aplikace Sense-it. Akcelerometrické i gyroskopické signály odpovídaly teoretickým předpokladům a akvizičním systémem naměřená data se velmi podobala datům získaných pomocí chytrého telefonu.

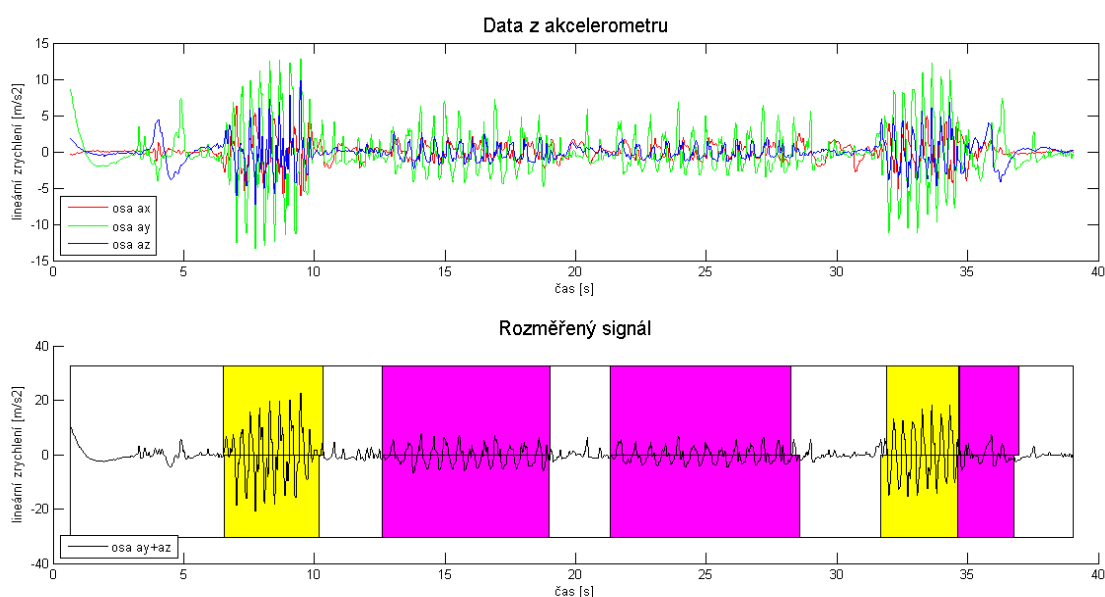
3. ALGORITMUS KLASIFIKACE POHYBU

V rámci úpravy dat bylo nutné odstranit vliv tíhového pole země ve všech akcelerometrických osách. K tomuto účelu byl použit filtr typu horní propust s mezní frekvencí 0,3 Hz. Následovala filtrace mediánovým filtrem s oknem velikosti 3 vzorky k potlačení šumu.

Protože se v případě běhu a chůze jedná o periodické pohyby, jedním z jejich určujících znaků je frekvence. Pomocí Fourierovy transformace byly potvrzeny teoretické předpoklady a dominantní frekvence odpočinku odpovídala hodnotě kolem 0,5 Hz, chůze 2-2,5 Hz a běhu 3-4 Hz. V časové

doméně jsou tyto rozdíly viditelné sklonem oscilací signálu, což bylo využito při realizaci klasifikačního algoritmu. Jako výchozí signál byl zvolen součet akcelerometrických signálů v ose ay a az , protože si frekvenčně odpovídaly a jejich složením vynikl amplitudový rozdíl mezi úseky signálu náležící odlišným pohybům. Následovala aplikace mediánového filtru (tentokrát s oknem velikosti 13) k vyhlazení signálu.

Pro takto upravený signál byly v rámci klasifikačního algoritmu vypočteny rozdíly okamžitých výchylek vzorků, které spolu sousedí ob jeden vzorek (tzn. pro i a $i+2$ vzorek). V získaném signálu byla nalezena lokální maxima (s minimální vzdáleností 15 vzorků), jejichž lokalizace (v ose odpovídající velikosti rozdílu mezi vzorky) byla upravena opět mediánovým filtrem. Poté bylo na základě prahování rozhodnuto, k jakému pohybu daný pík patří. Z důvodu pomalejšího přechodu mezi odpočinkem a během (není možné ihned dosáhnout pracovní frekvence pohybu) byl předchozí pík (klasifikován jako chůze) zahrnut do intervalu odpovídající běhu. Dosažené výsledky jsou na **Obrázek 2**, kde žluté oblasti (v kladné části osy odpovídající lineárnímu zrychlení) značí úseky, kdy měřená osoba běžela, fialové oblasti značí úseky chůze. Oblasti v záporné části osy mají stejný význam a slouží k porovnání přesnosti klasifikační metody.



Obrázek 2: Naměřená akcelerometrická data a dosažené výsledky klasifikace pohybů

4. ZÁVĚR

Výsledné hodnoty, které určují hranice oblastí měřených druhů pohybu, byly porovnány s ručně odečtenými hodnotami, jejichž přesnost byla dosažena použitím signálů z gyroskopu. Po každém měřeném úseku pohybu došlo během odpočinku k obratu měřené osoby o 180° vlevo a poté až pokračovala v pohybu. Tyto obraty jsou viditelné na gy a gz ose ve formě kladných výchylek. Dosažená průměrná přesnost klasifikace s použitou metodou je 0,161 s pro začátky a 0,187 s pro konce úseků běhu a 0,022 s pro začátky a 0,188 s pro konce úseků chůze.

REFERENCE

- [1] VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.
- [2] YANG, Che-Chang a Yeh-Liang HSU. A Review of Accelerometry-Based Wearable Motion Detectors for Physical Activity Monitoring. *Sensors* [online]. 2010, 10(8), 7772-7788 DOI: 10.3390/s100807772. ISSN 1424-8220.